

## Lavinapályák vizsgálata DEM segítségével

Seres Anna

Miskolci Egyetem, Természetföldrajz-Környezettan Tanszék  
3515 Miskolc Egyetemváros, +46/565-111 (23-14)  
anna\_seres@yahoo.com

### Bevezetés

A hegyekben előforduló egyik legnagyobb veszélyt a lavinák jelentik. A lavina hegyoldalról lecsúszó hótömeg, mely a havon kívül gyakran tartalmaz jeget, vizet, talaj- és kőzettörmelék, valamint növényi maradványokat. A lejtőn hirtelen lezúduló hótömeg mozgási energiája, a levegőben keltett lökéshullámok és az eltemetés révén súlyos és nagy területre kiterjedő károkat képes okozni. A lavina balesetek elhárításának, a lavina veszélyeztetettség megállapításának számos módja létezik. Az egyik módszer a hótakaró és az időjárás tényezőinek rövid távú ismeretén alapszik, és az adott nap lavinaveszélyét egy 5-ös skálán határozza meg. Más módszerek a lavinapályák helyének ismeretén alapszanak és az ezek alapján készített veszélyeztetettségi térképeket különböző színekkel jelölt zónákra osztják fel. A különböző lavina veszélyességű zónákban különböző építkezési korlátozásokat vezetnek be, a legveszélyeztetettebb területeken pedig védelmi építményeket – alagutak, terelőgátak, földhalmok, betontuskók, hógyűjtő medencék, hófogó kerítések – emelnek. (Gardner 1993, Bocsák 1998, Gruber 2000, Seres 2002 b)

### Célkitűzés

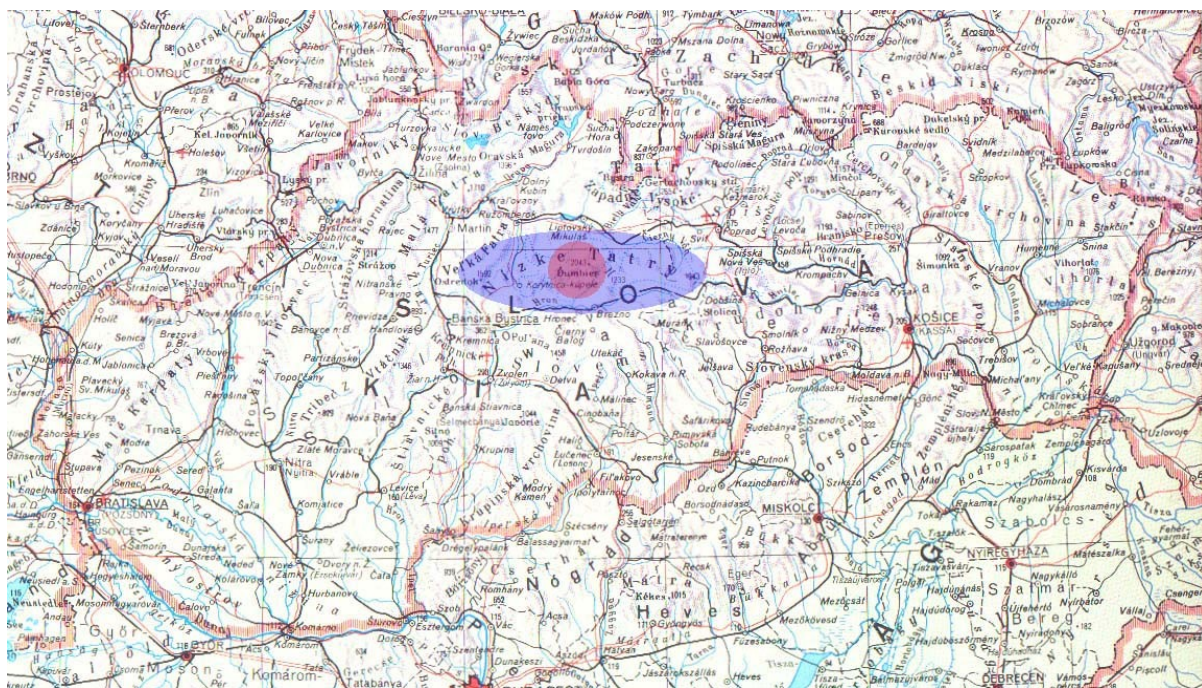
Kutatásomban a lavinák és a domborzat kapcsolatának jobb megismerését, a lavinapályák domborzatmodell alapján történő kijelölését tűztem ki célul. A lavinák kialakulását befolyásolják:

- az éghajlati tényezők, melyek számszerű értékeihez a meteorológiai állomásokon mért adatokból juthatunk hozzá
- a domborzati tényezők, melyeket helyszínen végzett megfigyelésekből vagy digitális domborzatmodell adataiból kaphatunk meg
- a növényzeti borítottság, melyre helyszíni megfigyelésekből, légifelvételekből vagy műholdképekből következtethetünk

Azt, hogy melyik területen mikor indul meg lavina, tehát a lavinák kialakulásának *időpontját* az éghajlati tényezők határozzák meg. A hóréteg vastagsága, a benne levő rétegek átalakultságának mértéke és egymáshoz való viszonya, a hőmérséklet és annak időbeli változása, az ég felhősültségének foka, a szél sebessége és iránya mind együttesen befolyásolják a lavinák megindulásának idejét. Azt a *területet* azonban, ahol a lavinapálya kialakul a domborzati tényezők jelölik ki. A domborzat jellemzői alapján tehát megmutatható a lavinák lezúdulásának helyét, ami azt jelenti, hogy megfelelő részletességű digitális domborzatmodell segítségével kijelölhetőek a lavinapályák.

## Vizsgált terület

Az Alacsony-Tátra a Nyugati-Kárpátok tagjaként Szlovákia középső részén található (1. ábra). Nyugat-keleti irányban húzódik mintegy 100 km hosszan a Nagy-Fátrától a Szepes-Gömöri érchegységig. Legszembetűnőbb jellemzője a - nyugat felé egyre több - sziklával tarkított füves főgerinc. A kb. 75 km<sup>2</sup> nagyságú vizsgált terület, Chopok (2024 m) környezete, a Gyömbér hegycsoportban található az Alacsony-Tátra középső részén. A főgerinc más részeihez hasonlóan Chopok csúcsát és környékét is néhány gránit kibúvással tarkított füves felszín jellemzi. A terület északi oldala meredek jég vájta falakkal szakad le a Deményfalvi-völgy irányába, ahol a Szlovák Lavinakutató Központ található Jasnán (2. ábra). A déli oldal sokkal lankásabban ereszkedik a Bystra- Mlyнна- és Vajskova-völgyek felé. Az Alacsony-Tátra mérsékelt kontinentális éghajlatú területen fekszik, amely az alacsonyabban fekvő részeit jellemzi, a magasabb térszíneken azonban hegyvidéki éghajlat uralkodik. Az egész hegységben átlagosan a januári középhőmérséklet -6°C, az évi átlaghőmérséklet 6°C, a Gyömbér hegycsoportban a januári középhőmérséklet -8°C, az évi átlaghőmérséklet 0°C. Az évi csapadékmennyiség 800-1400 mm. A hótakarós napok száma az Alacsony-Tátrától északra fekvő Liptói-medencében 80, Chopok északi oldalán pedig 200. Az Alacsony-Tátra növényzete hegyvidéki övezetességet mutat. Legjellemzőbb növénye a lúcfenyő, mely 600 m és 1500 m között alkot erdősségeket. Ez alatt bükkösök, felette pedig törpefenyvesek jellemzőek. A törpefenyők egészen a gerinc közeléig felhúzódnak, de a gerincen már nem tudnak megmaradni a szinte állandóan fújó erős szél miatt, ezért itt havasi rét található. (Keszthelyi 1984, Seres 2002)



1. ábra: Alacsony-Tátra (kék) és Chopok környéke, a vizsgált terület (piros) (Officina Képes Világtalasz)



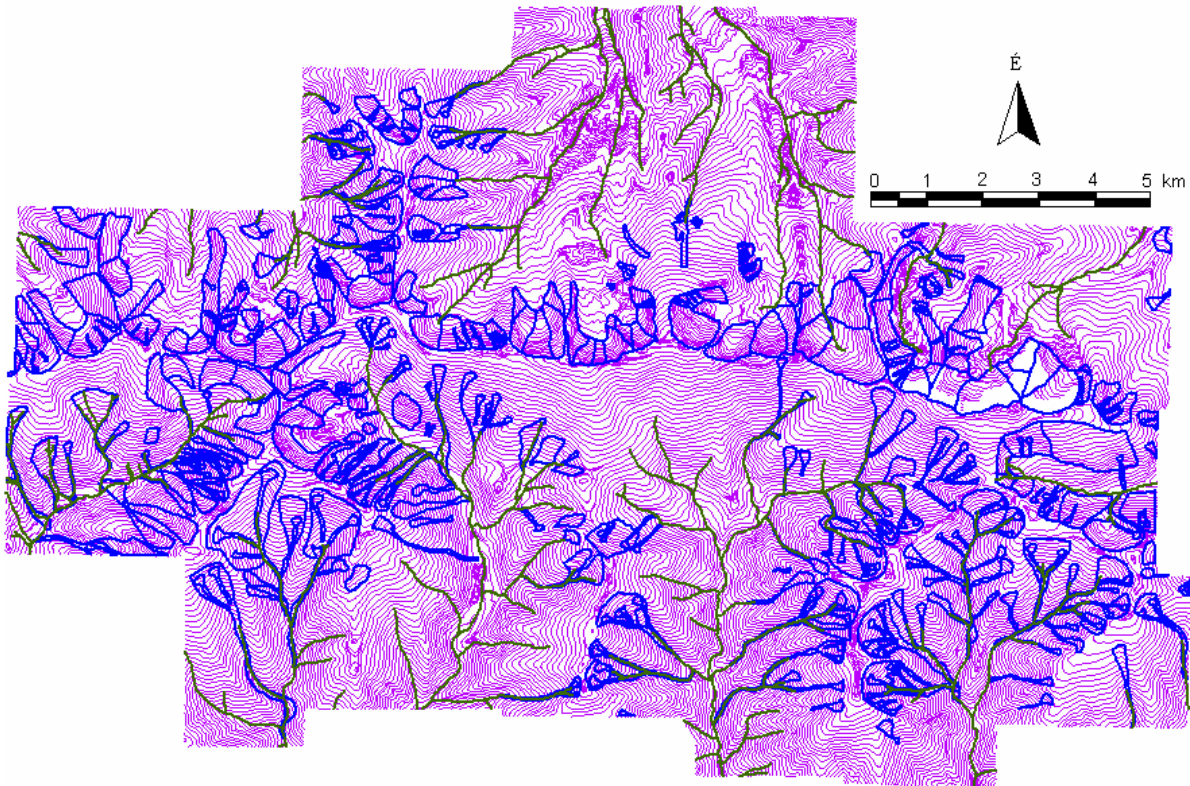
2. ábra: Chopok északi oldala és a jasnai sípályák (<http://www.horska-sluzba.sk>)

### Módszerek

Első lépésben az 1:10000-es térképlapokat beszkenneltem, majd összeillesztettem (3. ábra). Következő lépés a térképek digitalizálása volt, amelyet ArcView 3.2-es program segítségével végeztem. A térképlapokon 5 m-es szintközökkel voltak ábrázolva a szintvonalak. Az összes digitalizálása egy ekkora területen azonban túl nagy munka lett volna, így a terület legnagyobb részén csak a 25 m-enként ábrázolt fő szintvonalakat digitalizáltam. Azokon a területeken, ahol a fő szintvonalak között a lejtés nem volt egyenletes, ott az 5 m-enként levő szintvonalakat is digitalizáltam. A szintvonalakon kívül digitalizálásra kerültek még a magassági pontok (rövidke szintvonalak formájában), a folyóvizek és a papírtérképekre már előzetesen berajzolt lavinapályák (4. ábra).

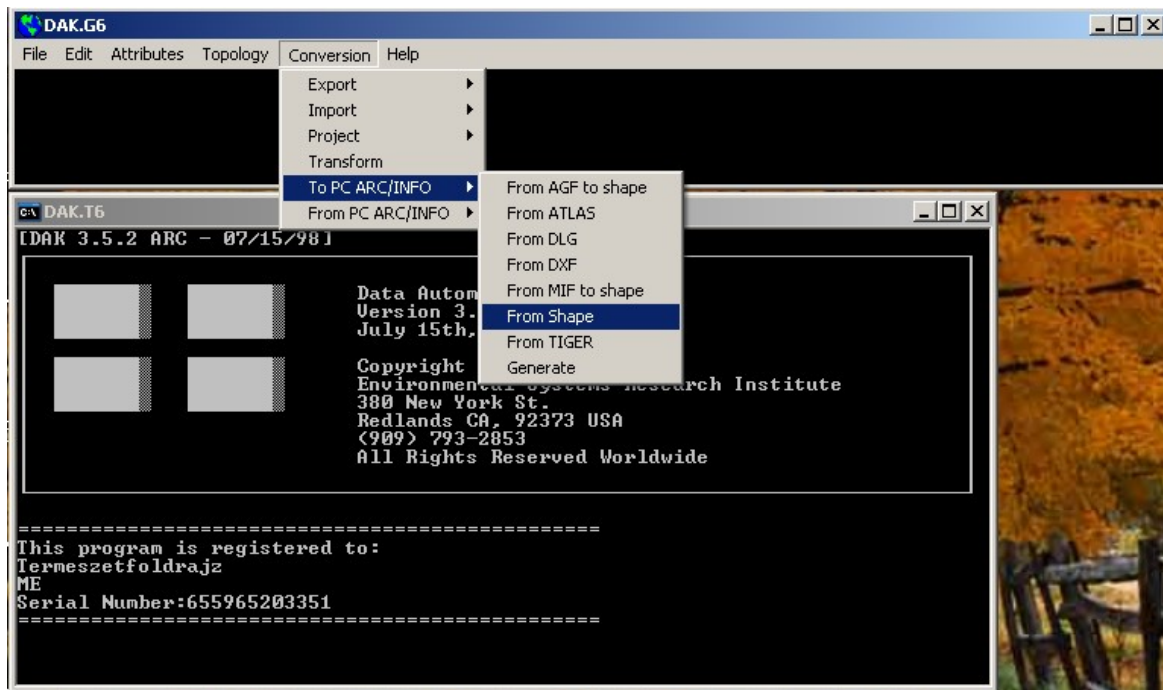


3. ábra: Szkennelt, majd összeillesztett 1:10000-es méretarányú térképlapok



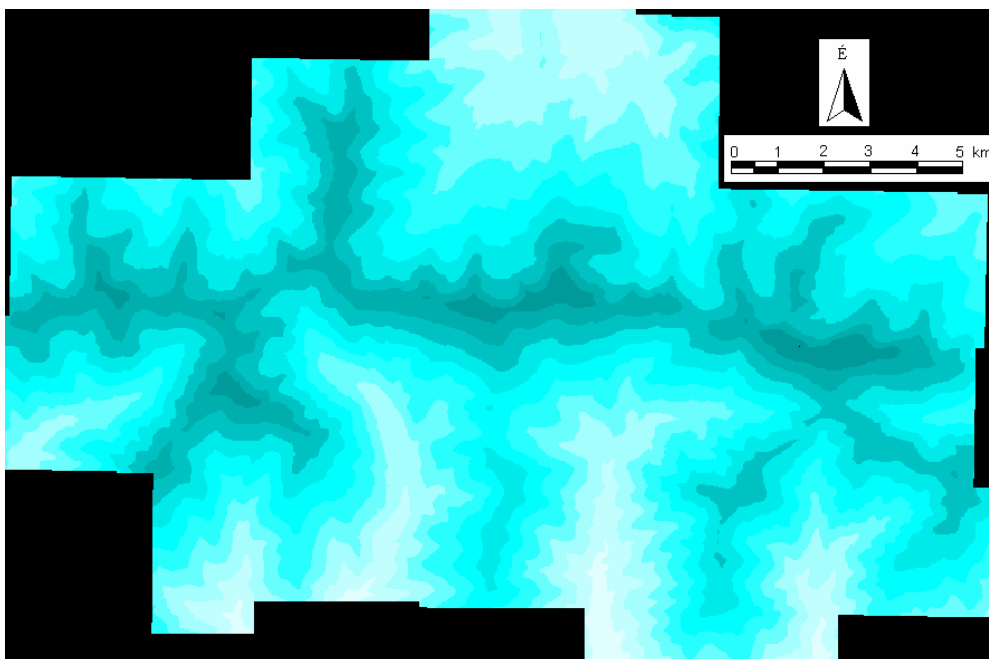
4. ábra: Szintvonalak, vízfolyások és lavinapályák vektoros állománya

A digitális domborzatmodellt ArcInfo 7.0.3 programmal készítettem, de mivel ez más formátumot használ, mint az ArcView, először át kellett alakítani a fájlokat. A konvertálást a DAK 3.5.2 (Data Automation Kit) programmal végeztem. Az ArcView 3.2-ben létrehozott .shp kiterjesztésű szintvonalakat, a vízfolyásokat és a digitalizált terület határát jelentő határpolygon coverage-é - .cov kiterjesztés – alakítottam a DAK program Conversion legördülő menüjében található To PC ArcInfo - From Shape parancs segítségével (5. ábra). Ezután a coverage fájlokat interchange file format-ba, .e00 kiterjesztésűvé alakítottam a DAK Conversion legördülő menüjében található Export – coverage paranccsal. A fájlokat ezután importálni lehet ArcInfo-val, *import auto fájlnev fájlnev* paranccsal. Az ArcInfo Topogrid moduljának elindítása után a következő parancssorral készítettem el a domborzatmodellt:  
*Topogrid dem chopok 20* (A domborzatmodell felbontása hány méteres legyen, azaz hány méter oldalhosszúságú négyzetekkel fedje le az adott területet. Jelen esetben ez 20 m.)  
*Boundary hatarp* ( A domborzatmodell határát adja meg.)  
*Contour szintv magassag* (A szintvonalak magassági értékei az attributumtábla mely oszlopában találhatóak)  
*Datatype contour* (A domborzatmodellt szintvonalak alapján építse fel)  
*Stream folyo* (A völgytalpakat a vízfolyások vonala jelölje ki)  
*End*



5. ábra: Shape-ből coverage formátumba történő átalakítás DAK segítségével

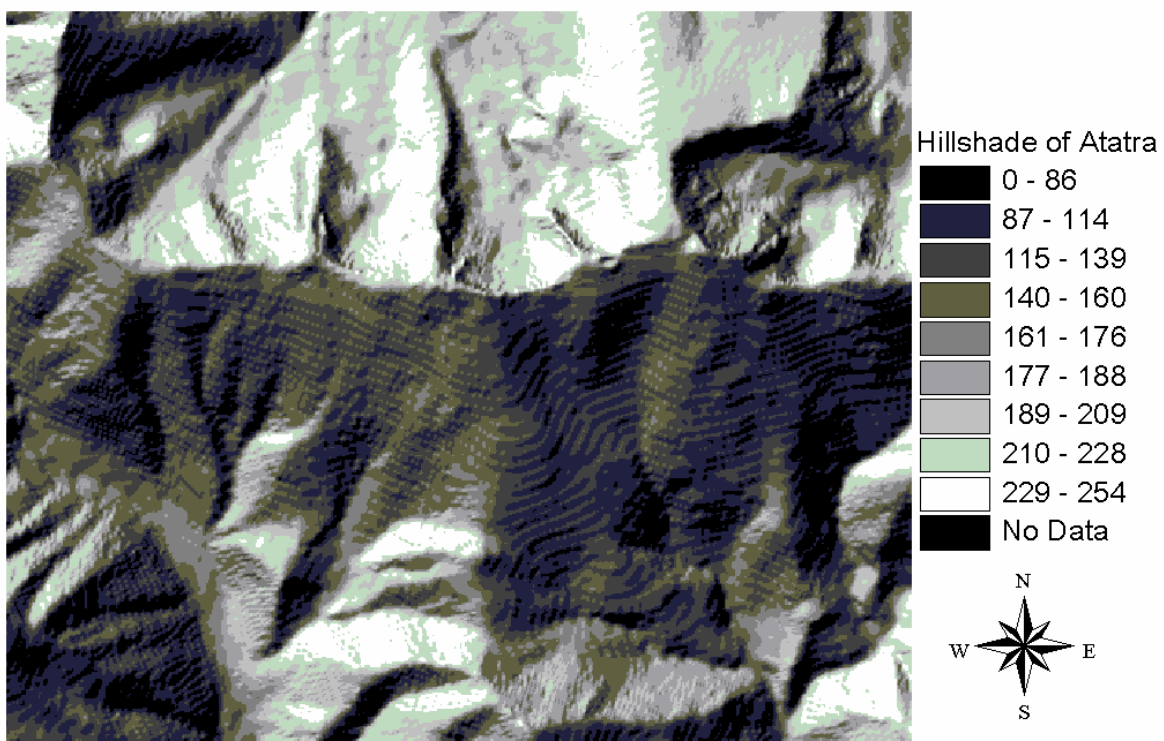
Az Arcinfo Grid moduljával a domborzatmodell indokolatlanul kiugró értékeit besimítottam az átlagba a *Fill eredeti\_DEM javított\_DEM* parancs segítségével. A kész domborzatmodell *Export grid javított\_DEM DEM\_név* paranccsal újra interchange file formátumba, .e00-lá alakítottam, hogy az ArcView programba importálni lehessen. Az ESRI Import 71 programjával az .e00 fájlt griddé alakítottam, ami ArcView-ban megnyitható (6. ábra).



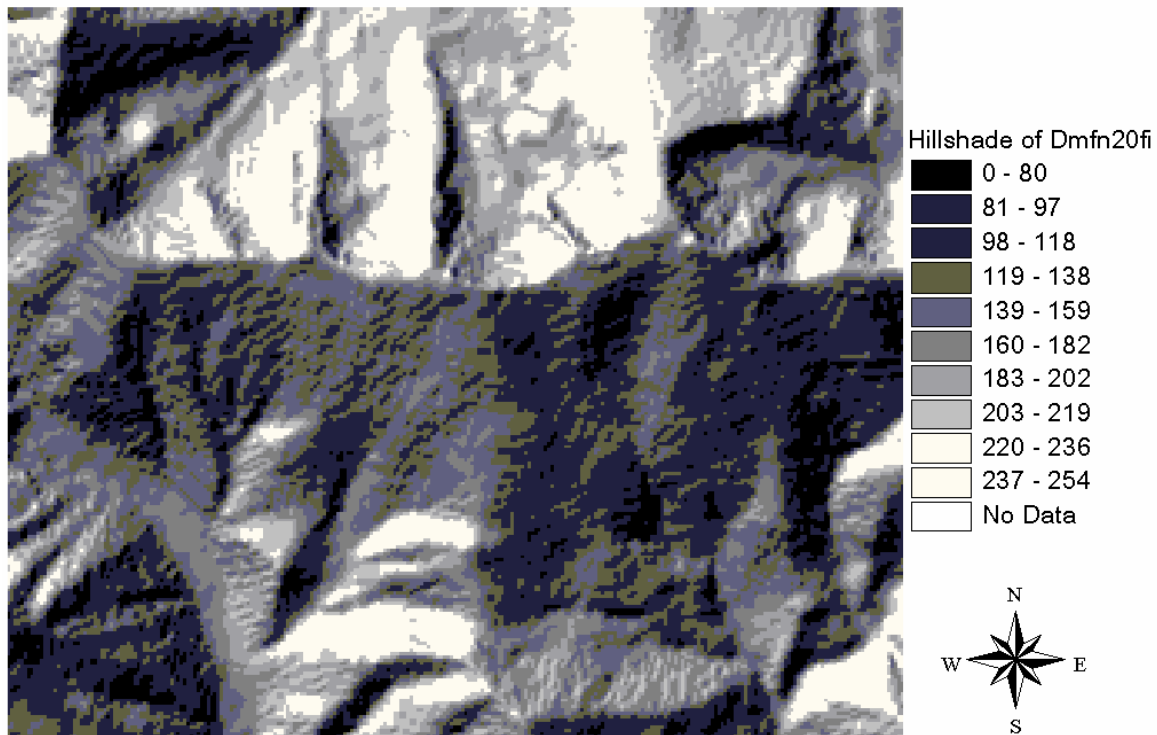
6. ábra: A terület Grid-ként megnyitott digitális domborzatmodellje

## Eredmények

A domborzatmodellből először a jobb szemléltetés érdekében Hillshade-et számítottam a Surface legördülő menü Compute Hillshade parancsával. Itt kiderült, hogy bár a 10 méteres felbontással készült domborzatmodellből készült hillshade térképen szépen kirajzolódnak a gerincek és egyéb domborzati formák részletei is, a domborzatmodell mégsem használható, mivel erőteljes „terasz hatást” mutat (7. ábra). 20-as felbontással készült domborzatmodellen, tehát a felépítő pixelek oldalhosszúsága 20 méternek felel meg, a „terasz hatás” már kevésbé érzékelhető, de sajnos a részletgazdagság is erősen csökken, a kisebb felszínformák eltűnnek (8. ábra). Ennek ellenére a 20 méteres oldalhosszúságú pixelekből álló domborzatmodellt használtam, mert a hegyoldalak nem maradhattak teraszosak.



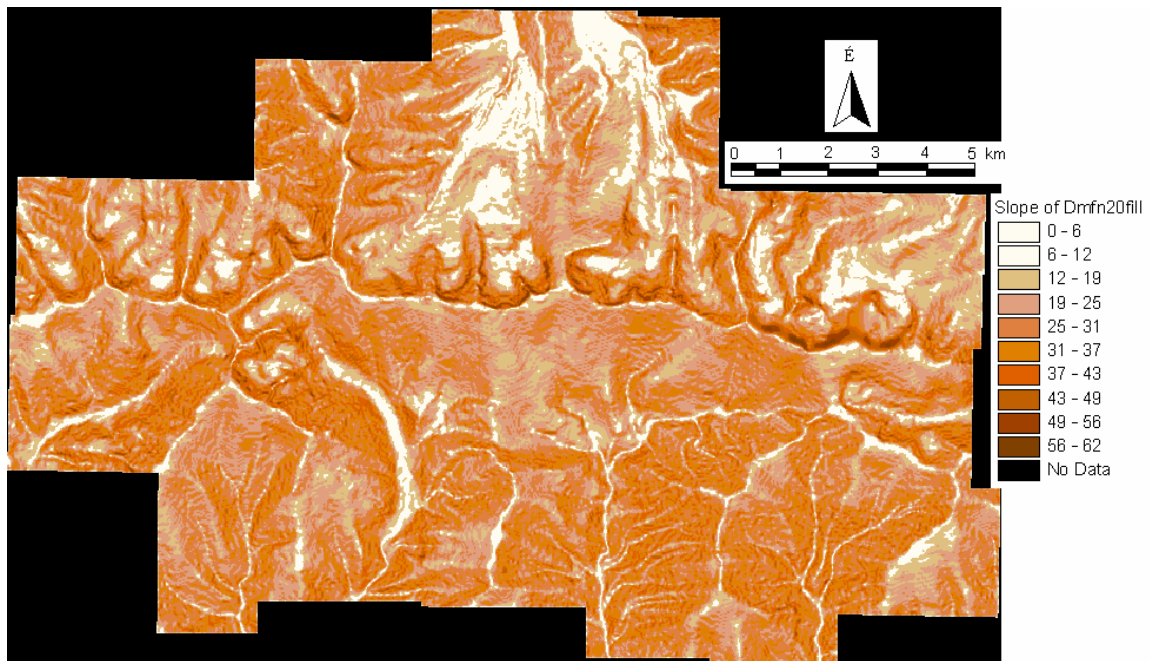
7. ábra: 10 méteres felbontású domborzatmodellből készült hillshade



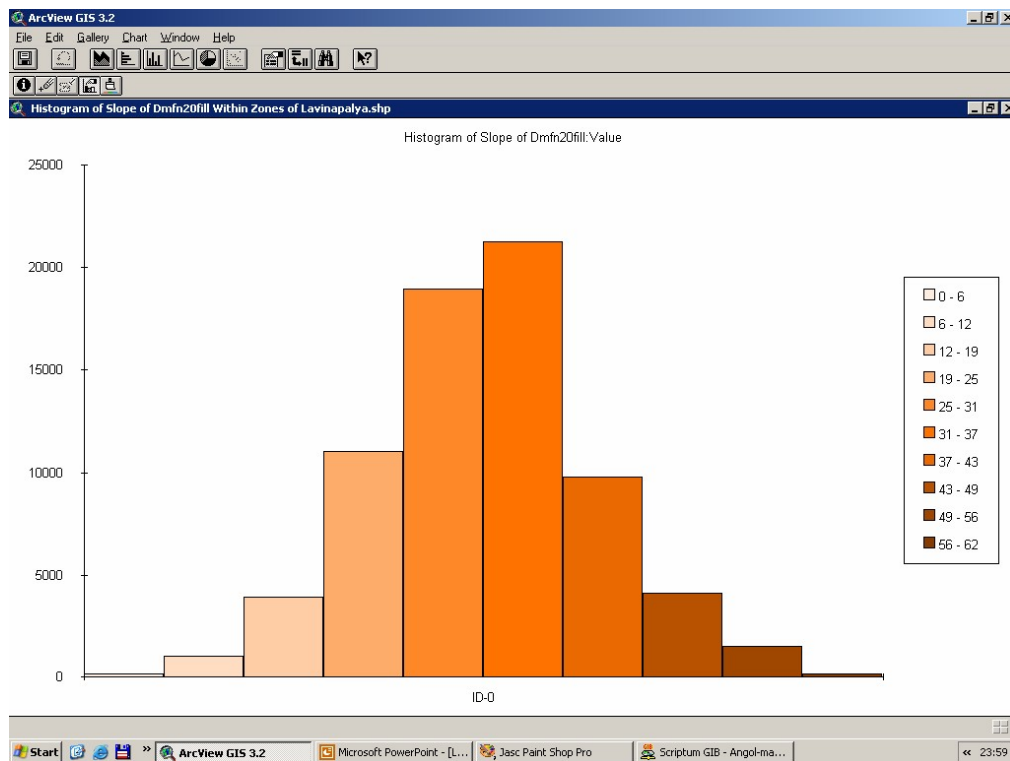
8. ábra: 20 méteres felbontású domborzatmodellből készített hillshade

### 1. Lejtőkategória

A digitális domborzatmodellből a Surface legördülő menü Derive Slope parancsával lejtőkategória térkép készíthető (9. ábra). Ha a lavinapályákat megjelenítjük a lejtőkategória térképen, azt láthatjuk hisztogramokat lefuttatva, hogy a legjellemzőbb lejtőszög a lavinapályák alatt  $25^{\circ}$ - $37^{\circ}$  közötti, (10. ábra) az átlag  $31^{\circ}$ , az egész területet tekintve pedig  $19^{\circ}$ - $37^{\circ}$  közötti (11. ábra), az átlag  $28^{\circ}$ . Az Analysis legördülő menü Summarize zones parancsával számítottam ki az átlagértékeket, a histogram by zone paranccsal pedig a hisztogramokat készítettem. Lavinák vizsgálatakor leginkább a lavinapálya indulási zónájának lejtőszögét szokták figyelembe venni, hiszen itt dől el, hogy létrejön-e lavina vagy nem. Azonban a lavinapálya további részeinek lejtőszöge is fontos, hiszen a csúszópálya meredekségétől függ, hogy a már mozgásban levő lavina felgyorsul és egyre nagyobbra nő, vagy pedig lelassul, veszít a tömegéből és végül megáll. Scally, Slaymaker és Owens által British Columbiában (Kanada) 2001-ben végzett kutatás szerint a pusztán lavinákat „termelő” lavinapályák átlagos lejtőszöge  $29^{\circ}$ , a lavinákat és törmelékfolyásokat egyaránt „termelő” lavinapályák lejtőszöge pedig  $35^{\circ}$ . Lied és Toppe által 1989-ben Norvégiában végzett vizsgálat szerint a lavinapályák átlagos lejtőszöge  $28^{\circ}$ . Egy az Alacsony-Tátrában 2002-ben végzett felmérés szerint, mely az egyes lavinapályák terepen történt lejtőszögmérésén alapult, a lavinapályák átlagos lejtése az Alacsony-Tátrában  $33^{\circ}$ . (Seres 2002) A domborzatmodellen mért érték ( $31^{\circ}$ -os átlag) az Alacsony-Tátrában a terepen mért értékkel ( $33^{\circ}$ -os átlag) viszonylag jól egyezik, ami azt mutatja, hogy a két típusú mérés hasonló pontosságú. Az Alacsony-Tátrában mért értékek hasonlóak a 2001-es British Columbiái felméréshez és valamivel magasabbak az 1989-es norvégiai értékeknél.

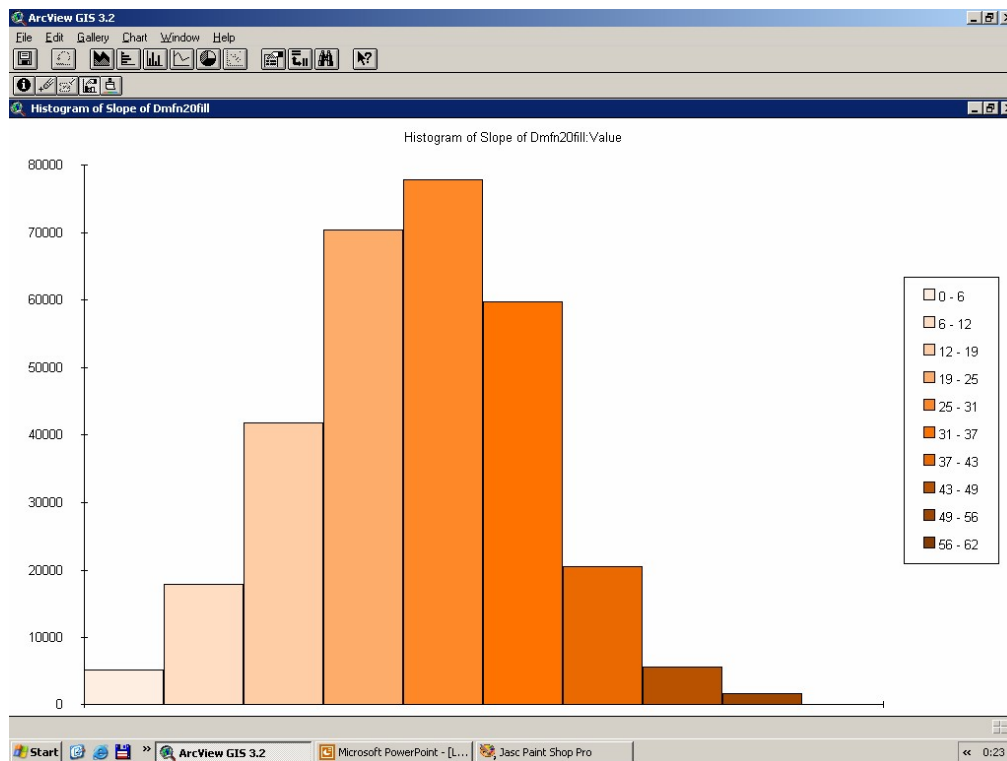


9. ábra: DEM-ből számított lejtőkategória térkép



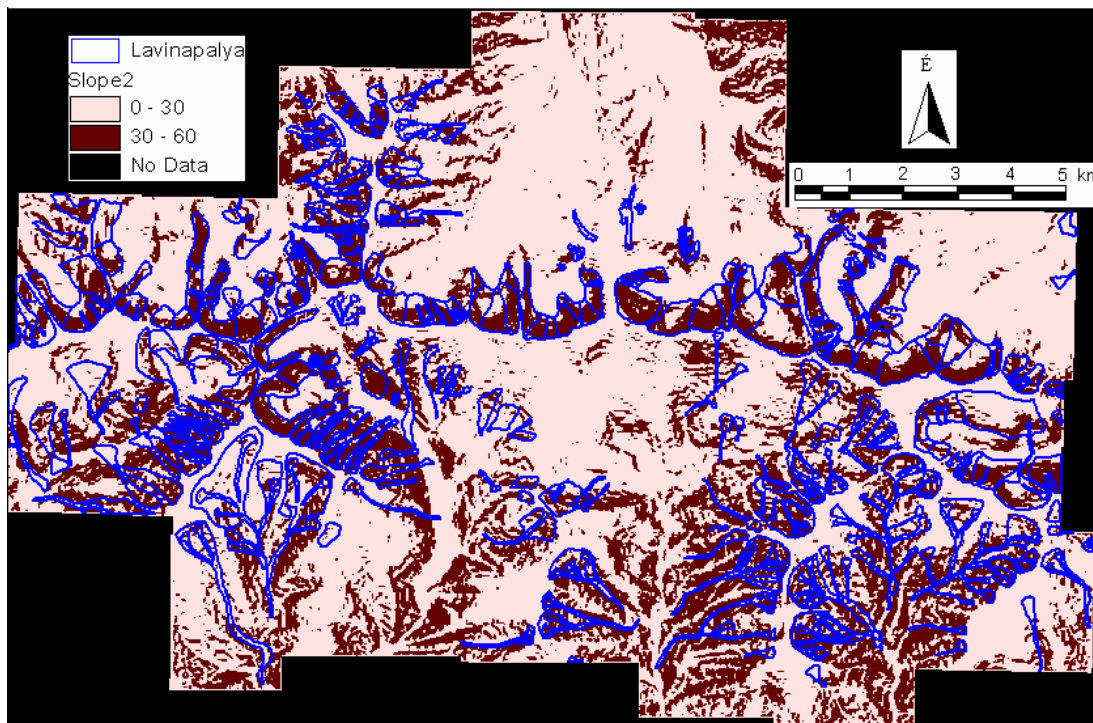
10. ábra: Lejtőkategória térkép hisztogramja a lavinapályák alatti területekre



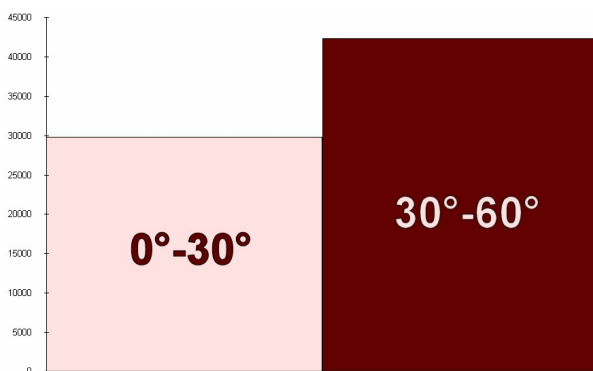


11. ábra: Lejtőkategória térkép hisztoramja a teljes területre

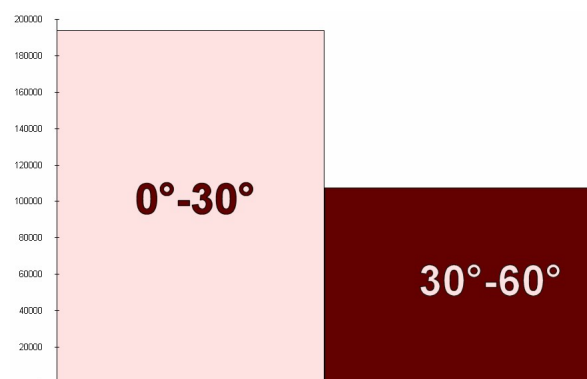
Eddigi kutatásokban, amikor a lavinapályák indulási zónájának lejtőszögét vizsgálták egymástól csak kis mértékben eltérő eredményekre jutottak. Az indulási zóna lejtőszögét lazahó lavinák (más néven porhó-lavinák) esetében  $30^{\circ}$ - $60^{\circ}$ -ban (McClung 1999) illetve  $20^{\circ}$ - $60^{\circ}$ -ban (Bocsák 1998), deszkalavinák esetében  $35^{\circ}$ - $45^{\circ}$ -ban (McClung 1999) és  $35^{\circ}$ - $55^{\circ}$ -ban (Bocsák 1998) állapították meg. Az Alacsony-Tátrában 2002-ben végzett, terepi felmérésen alapuló, számítás szerint a lazahó vagy porhó lavinák indulási zónájának átlagos lejtőszöge  $40^{\circ}$ , a deszkalavináké  $43^{\circ}$ . Az indulási zónák átlagos lejtőszöge lavinatípus megkülönböztetése nélkül  $41^{\circ}$  (Seres 2002). A lejtőkategóriákat az eddigi kutatások alapján 2 részre osztva ( $0^{\circ}$ - $30^{\circ}$ -ig és  $30^{\circ}$ - $60^{\circ}$ -ig), és a lavinapályákat a lejtőkategória térképre helyezve jól látszik, hogy a  $30^{\circ}$ - $60^{\circ}$ -os szög közötti, barnával jelölt területek nagy része a lavinapályákra, azoknak is a felső területére, tehát az indulási zónákra esik (12. ábra). A hisztogramokon látható, hogy lavinák nagyobb számban fordulnak elő a  $30^{\circ}$ - $60^{\circ}$ -os lejtőjű területeken (13, 14. ábra). Nem a teljes lavinapályát, csak az indulási zónát vizsgálva valószínűleg még jobb eredményeket kapnánk. Az adatok jobb összehasonlíthatósága és elemzése érdekében a domborzatmodellen ábrázolt lavinapályákat típus és lavinapálya részek szerint is szétbontom a későbbiekben és ezekre külön végzek számításokat.



12. ábra: Lavinapályák és a 2 osztályba sorolt lejtőkategória térkép



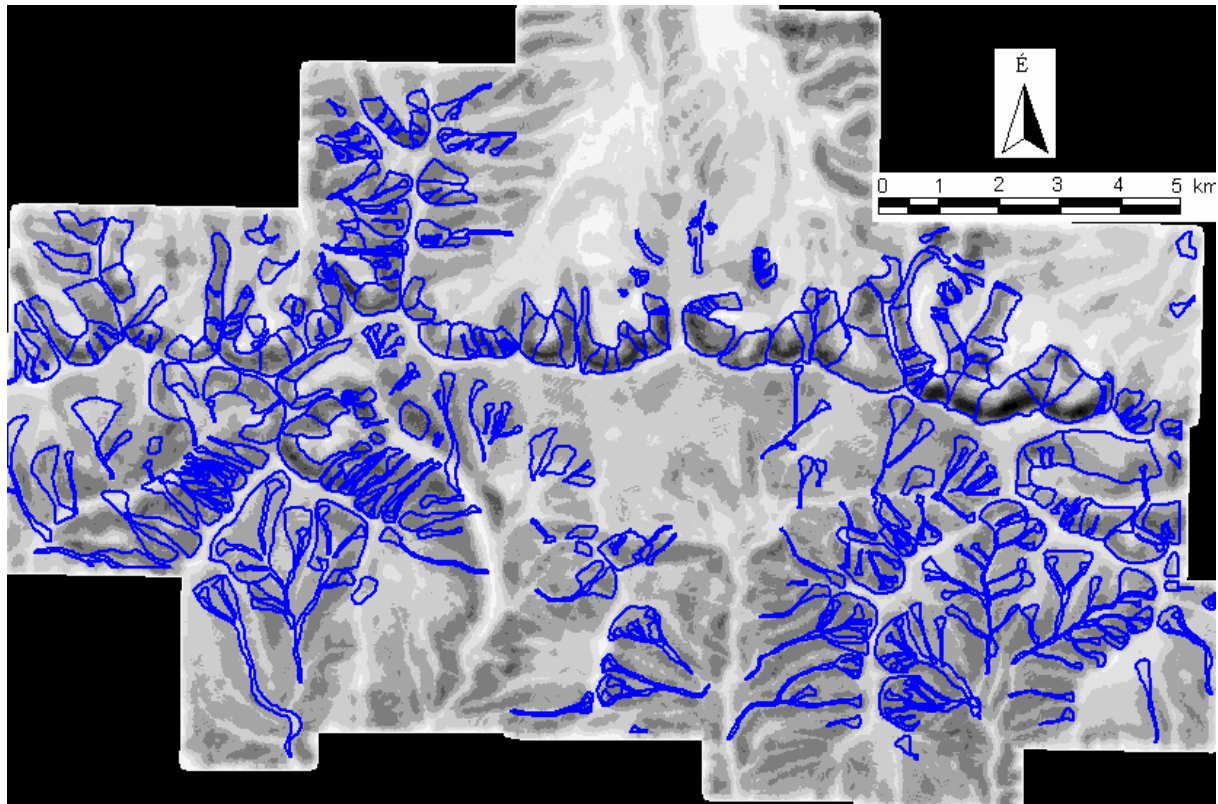
13. ábra: 2 kategóriára osztott lejtőkategória térkép hisztogramja a lavinapályák alatti területre



14. ábra: 2 kategóriára osztott lejtőkategória térkép hisztogramja a teljes területre

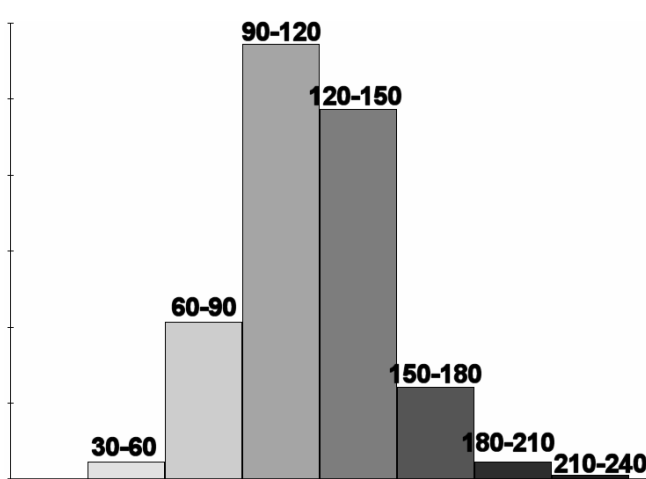
## 2. Relief

A digitális domborzatmodellből az Analysis legördülő menü Neighborhood statistics-ában Range-et számítottam egy 20 pixel sugarú körre. Ezzel megkaptam, hogy az adott sugarú kör középpontjában elhelyezkedő képpont értéke és a kör többi pixelértéke között mekkora különbség van, vagyis, hogy mennyi reliefenergiával rendelkezik az adott pixel. A lavinapályákkal együtt ábrázolt relieftérképen látható, hogy a nagyobb reliefű részek a lavinapályákon, leginkább az indulási zónákban jelentkeznek (15. ábra).

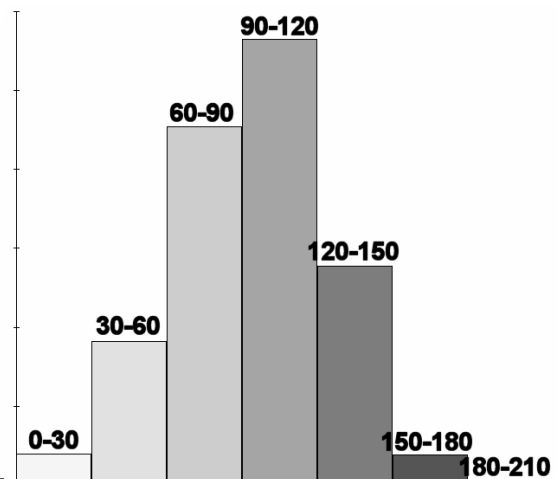


15. ábra: Reliefenergia térkép lavinapályákkal

A reliefenergia térképre készített hisztogramokon látható, hogy a lavinapályák alatti terület nagyobb relief energiájú, mint a teljes terület (16, 17. ábra). A relief hisztogram és térkép hasonló a lejtőkategóriához, de valamivel jobban mutatja a lavinapályák és a teljes terület közti eltérést.



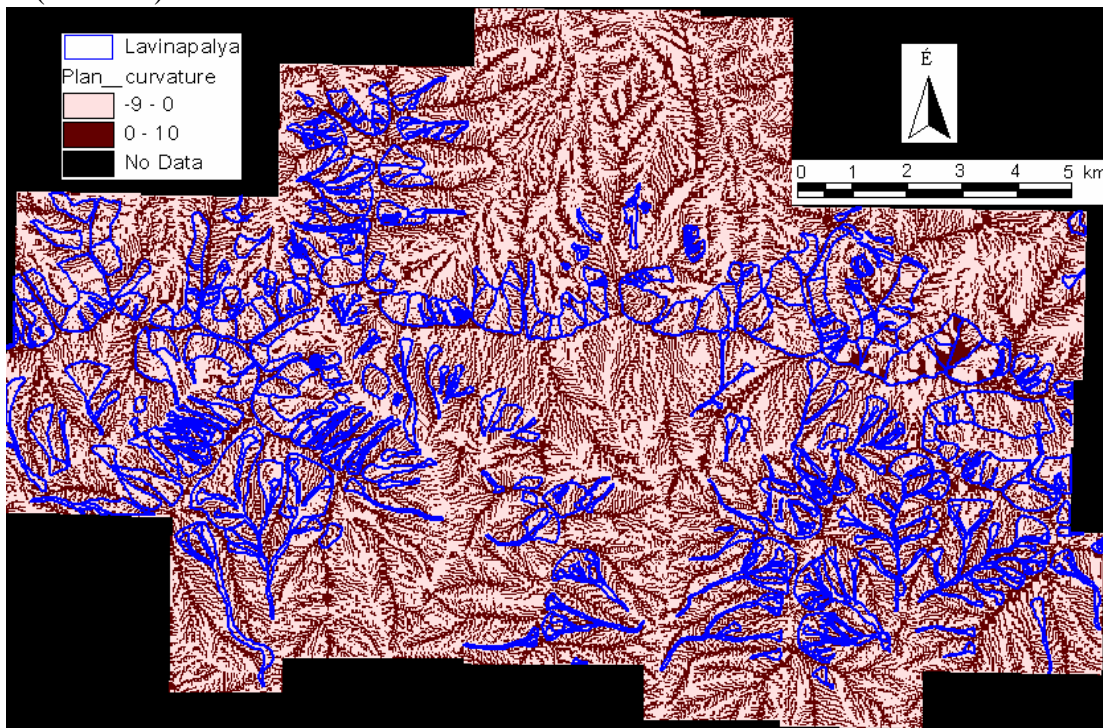
16. ábra: Reliefenergia térkép hisztogramja a lavinapályák alatti területre



17. ábra: Reliefenergia térkép hisztogramja a teljes területre

### 3. Curvature (görbület)

A digitális domborzatmodellből görbület vagy curvature térkép készíthető a következő módon. A DEMAT (Digital Elevation Model Analysis Tool) script letöltésével megjelenik egy DEMAT legördülő menü, amelyből választhatunk a Plan curvature (vízszintes irányú görbület), Profile curvature (lejtő irányú görbület) és a Curvature (a vízszintes és a lejtőirányú görbület kombinációja) parancsok között. A lavinák megindulása szempontjából vízszintes irányú görbület - a hógyűjtő medencéket (lehetséges indulási zóna), kuloárok (lehetséges csúszópálya) ez jelöli ki - a lejtő irányú görbület – a hóréteg szakadása könnyebben megtörténik egy domború felületen – és a kettő kombinációja egyaránt fontos, így a vizsgálatban mindháromat használtam. A **plan curvature**, azaz a vízszintes irányú görbület térképén (18. ábra) és a hisztogramokon látható, hogy míg a teljes területen nagyjából egyenlő arányban fordul elő negatív, homorú (kuloárok, vízmosások) és pozitív, domború (bordák, oldalgerincek) forma (20. ábra), addig a lavinapályák alatti területen több a homorú forma (19. ábra).



18. ábra: Vízszintes irányú görbület (plan curvature) térképe lavinapályákkal

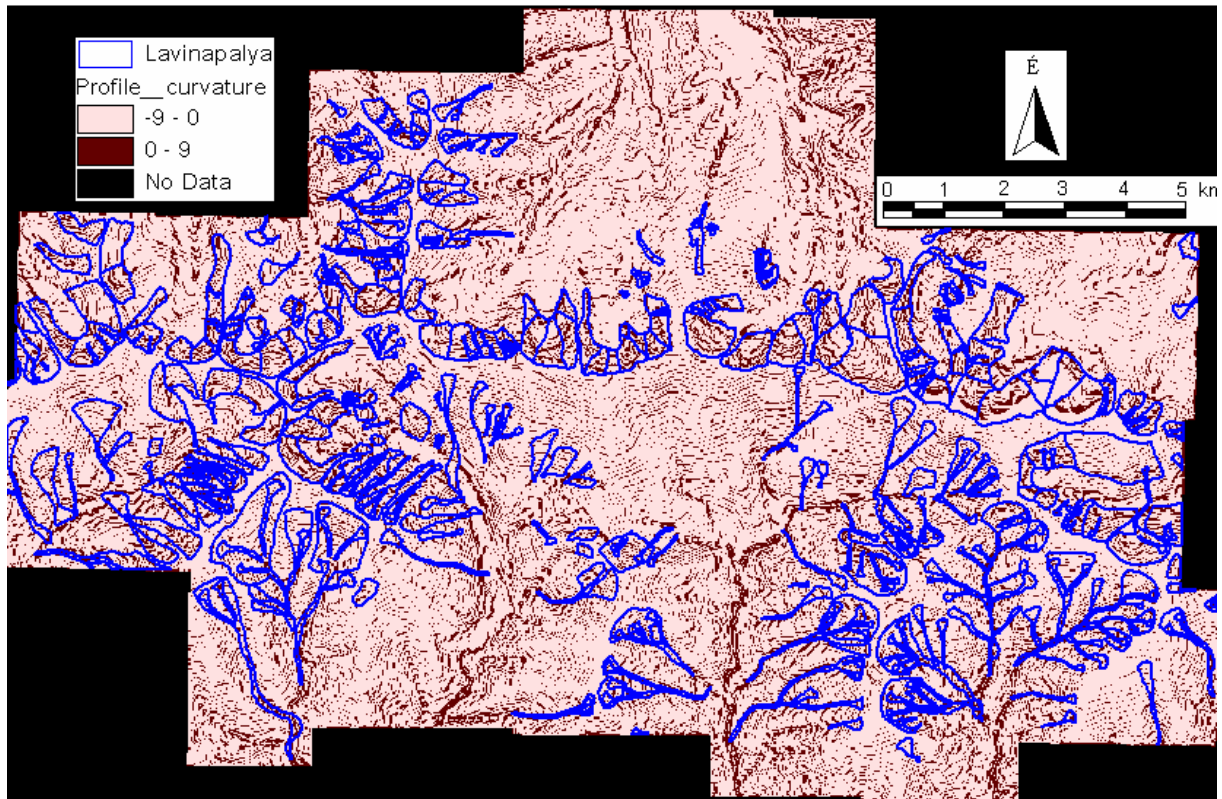


19. ábra: Vízszintes irányú görbület hisztogramja a lavinapályák alatti területre

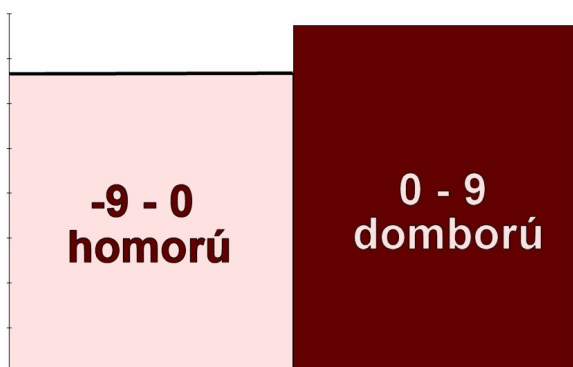


20. ábra: Vízszintes irányú görbület hisztogramja a teljes területre

A lejtő irányú görbület vagy **profile curvature** térképén (21. ábra) és a belőle készített hisztogramokon látszik, hogy a teljes területet tekintve a pozitív, domború és a negatív, homorú formák nagyjából azonos arányban vannak jelen (23. ábra), csak a lavinapályák alatti területen nézve pedig a domború felületek kis mértékben túlsúlyban vannak (22. ábra). Ez az enyhe túlsúly valószínűleg felerősödne, ha csak az indulási zónákat venném figyelembe, nem a teljes lavinapályát. A domború területek túlsúlya azt jelenti, hogy a domborzatmodellben is megmutatkozik az a jelenség, hogy domború felszín felett könnyebben létre jön a hórétegek megszakadása, a lavinák megindulása, mint sík vagy homorú felületen.



21. ábra: Lejtő irányú (profile curvature) térkép a lavinapályákkal

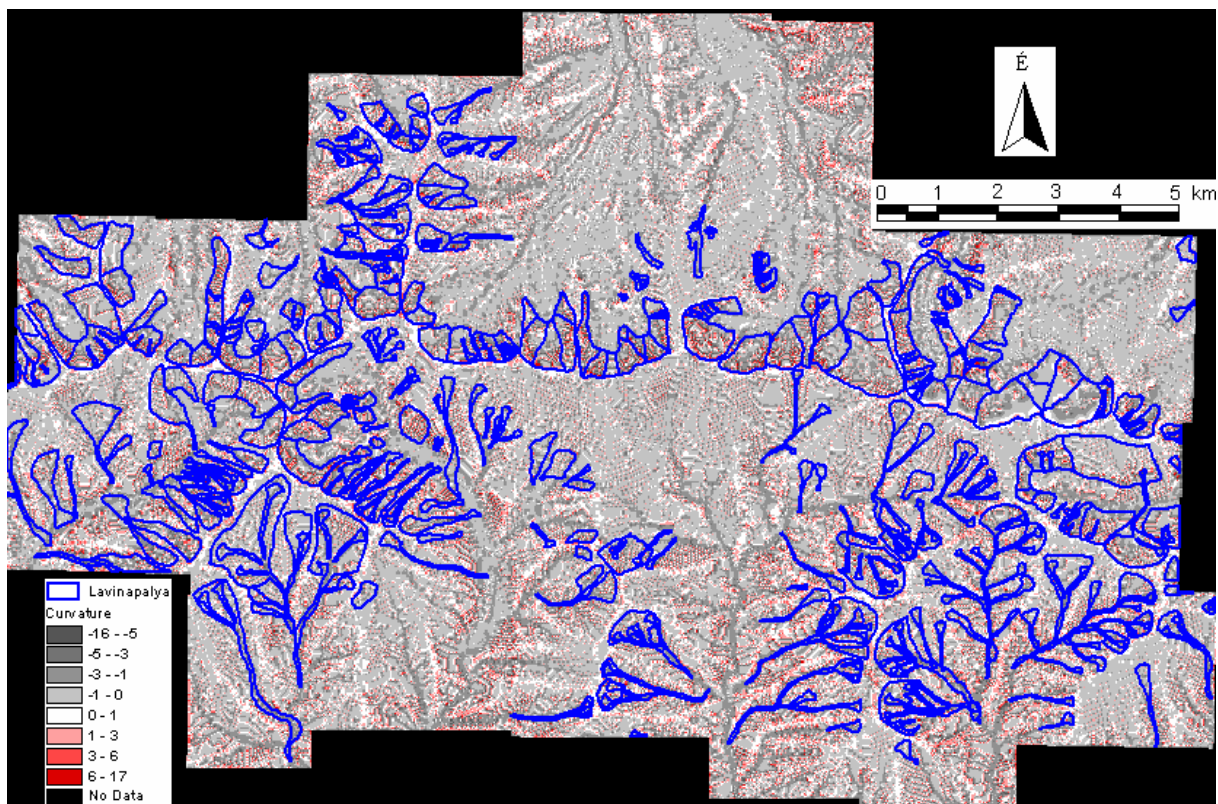


22. ábra: Lejtő irányú görbület hisztogramja a lavinapályák alatti területre

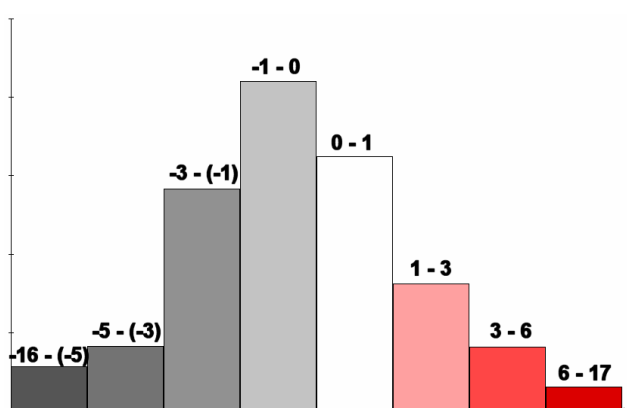


23. ábra: Lejtő irányú görbület hisztogramja a teljes területre

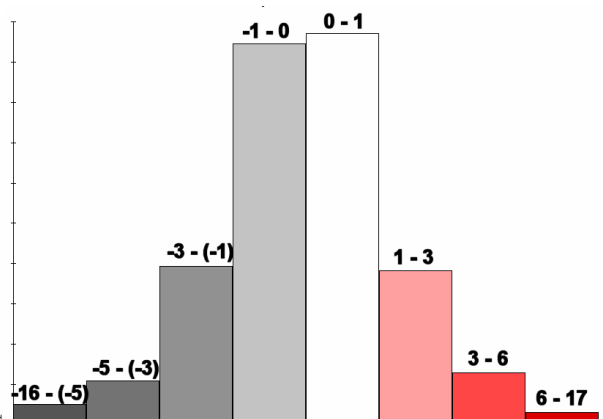
A vízszintes és a lejtő irányú görbület kombinációja a DEMAT **Curvature** parancsával számítható ki. A kombinált görbület térképén (24. ábra) és a hisztogramokon az látható, hogy a lavinapályák alatt valamivel nagyobb arányban találhatóak negatív, homorú felületek (25. ábra), mint a teljes területen (26. ábra). Ez azt igazolja, hogy a lavinapályák alatt nagyobb arányban vannak homorú felületek, pl. hógyűjtő medencék, mint domborúak felületek, hiszen ilyenek legfeljebb az indulási zóna tetején, egy vékony sávban fordulhatnak elő.



24. ábra: Kombinált görbület (curvature) térkép a lavinapályákkal



25. ábra: Kombinált görbület hisztogramja a lavinapályák alatti területre



26. ábra: Kombinált görbület hisztogramja a teljes területre

#### 4. CTI (Compound Topographic Index)

A CTI azt mutatja meg, hogy egy adott pixelnek, egy adott területnek milyenek a lejtésvizonyai és mekkora a hozzá tartozó vízgyűjtő terület nagysága. Számítása a következő módon történik. A domborzatmodellből először egy folyásirányt, flow directiont számítunk (27. ábra), mely azt mutatja meg minden egyes pixelre, hogy belőle a 8 szomszédos pixel közül melyiknek az irányban folya le a víz. Számítása az Analysis legördülő menü Map Calculator-ába írt következő paranccsal:

*DEMGrid.FlowDirection(FALSE)*

Következőnek a flow accumulationt, (28. ábra) kell számítani, amely azt mutatja meg, hogy az adott pixelre hány másik pixelből folya a víz, a következő paranccsal:

*FolyásirányGrid.FlowAccumulation(NIL)*

Ezután vízfolyást, stream-et számolunk (29. ábra), amelyben meghatározhatjuk az előzőleg számított flowaccumulationból, hogy mikor tekintünk egy adott cellát vízfolyáscellának. Pl. ha 600-at állítunk be, azt jelenti, hogy akkor tekintjük vízfolyáscellának az adott pixelt, ha bele legalább 600 másik pixelből folyik víz, ekkor értéke 1 lesz, ha 600-nál kevesebb pixelből folyik bele víz, nem vesz fel értéket, No Data lesz.

*FlowaccumulationGrid < 600.AsGrid).DetNull(1.AsGrid)*

Következőnek meghatározzuk a vízfolyáshálózatot, streamlink-et (30. ábra)

*VízfolyásGrid.StreamLink(FolyásirányGrid)*

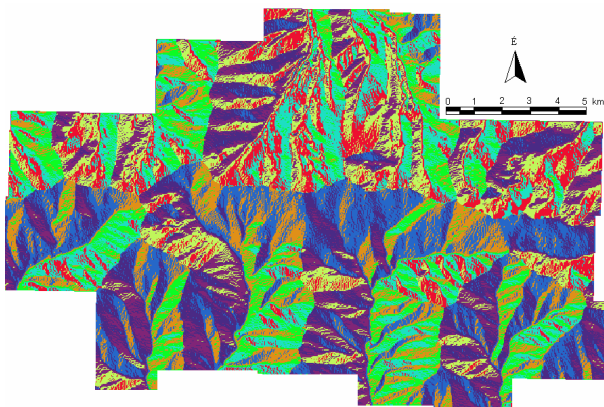
Utána pedig az egész vízfolyáshálózatnak meghatározzuk a vízgyűjtőterületét (31. ábra)

*FolyásirányGrid.Watershed(VízfolyáshálózatGrid)*

Végül a következő képlettel kiszámítjuk a CTI-t (32. ábra):

$\ln(\text{Vízgyűjtőterület}/\tan(\text{lejtőszög}))$

A lavinák szempontjából azért fontos a CTI, mert megtudhatjuk a vízgyűjtő terület nagysága alapján, hogy egy adott pontra mekkora súlyú hó nehezedik és hogy milyen az adott pont lejtése. Tehát a CTI vizsgálat nagyon jó módszernek tűnik a lavinapályák kijelölésére, a létrehozott térképen (32. ábra) és a belőle számított hisztogramokon (33, 34. ábra) azonban semmi olyan jellegzetességet nem lehet első ránézésre megállapítani, amely a lavinapályákat megkülönböztetné a terület többi részétől.



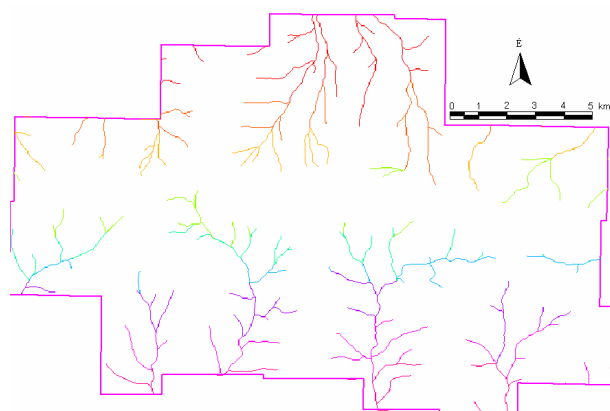
27. ábra: Folyásirány (flow direction)



28. ábra: Flow accumulation



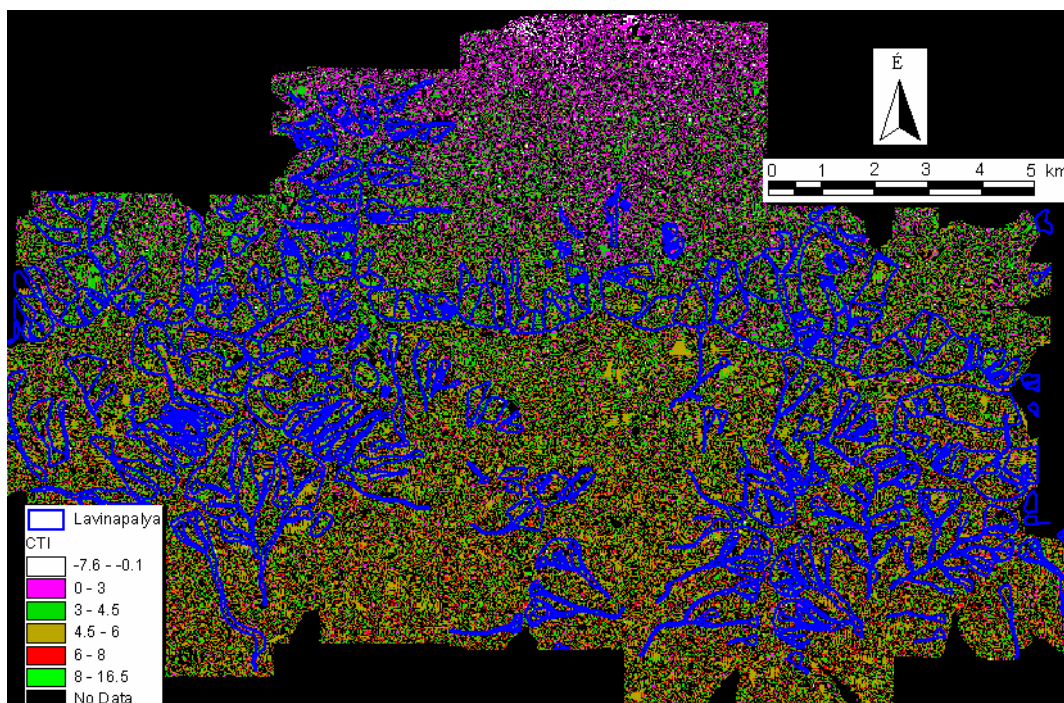
29. ábra: Vízfolyás (stream)



30. ábra: Vízfolyás hálózat (stream link)

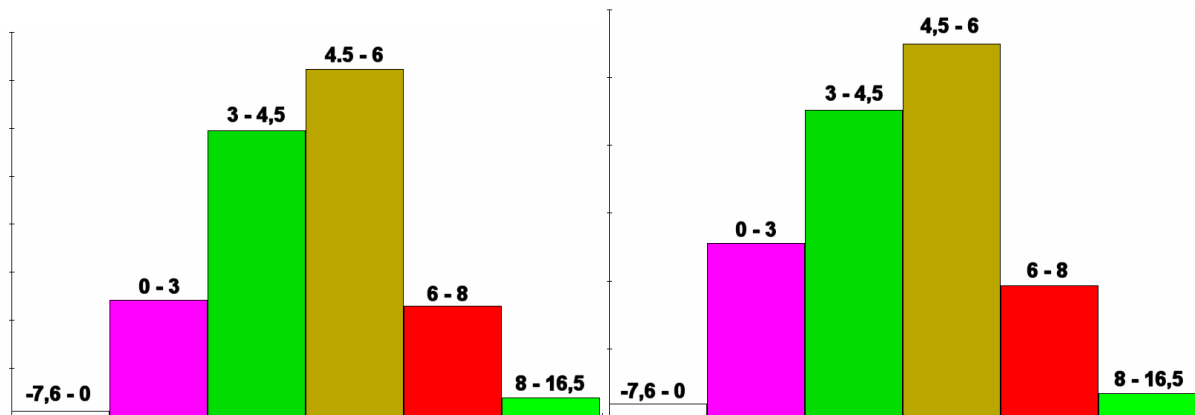


31. ábra: Vízgyűjtőterület (watershed)



32. ábra: CTI térkép a lavinapályákkal





33. ábra: CTI hisztogramja a lavinapályák alatti területre

34. ábra: CTI hisztogramja a teljes területre

## Összefoglalás

A szintvonalak, magassági pontok, vízhálózat és lavinapályák digitalizálása után ArcInfo-val 20 méteres felbontású domborzatmodell készült. Ebből először *lejtőkategória* térképet készítettem. A domborzatmodellen mért lejtőszög értéke (31°-os átlag) az Alacsony-Tátrában a terepen mért értékkel (33°-os átlag) viszonylag jól egyezik, ami azt mutatja, hogy a két típusú mérés hasonló pontosságú. A lejtőkategóriákat az eddigi kutatások alapján 2 részre osztva (0°-30°-ig és 30°-60°-ig), és a lavinapályákat a lejtőkategória térképre helyezve jól látszik, hogy a 30°-60°-os szög közötti területek nagy része a lavinapályákra, azoknak is a felső területére, tehát az indulási zónákra esik. Tehát a lejtőkategória viszonylag jól mutatja a lavinapályák és a teljes terület közti eltérést. A *reliefenergia* térkép szerint a lavinapályák alatti terület nagyobb relief energiájú, mint a teljes terület. A relief hisztogram és térkép hasonló a lejtőkategóriához, de valamivel jobban mutatja a lavinapályák és a teljes terület közti eltérést. A plan curvature, azaz a vízszintes irányú *görbület* térképe azt mutatja, hogy míg a teljes területen nagyjából egyenlő arányban fordul elő negatív, homorú (kuloárok, vízmosások) és pozitív, domború (bordák, oldalgerincek) forma, addig a lavinapályák alatti területen több a homorú forma, ahol a lavinához elegendő mennyiségű hó össze tud gyűlni. A lejtő irányú görbület vagy profile curvature térképen látszik, hogy a teljes területet tekintve a pozitív, domború és a negatív, homorú formák szintén nagyjából azonos arányban vannak jelen, csak a lavinapályák alatti területen nézve pedig a domború felületek kis mértékben túlsúlyban vannak. Ez azt jelenti, hogy a domborzatmodellen is megmutatkozik az a jelenség, hogy domború felszín felett könnyebben létre jön a hórétegek megszakadása, a lavinák megindulása, mint sík vagy homorú felületen. A kombinált görbület térképe szerint a lavinapályák alatt valamivel nagyobb arányban találhatóak negatív, homorú felületek, mint a teljes területen. Ez azt igazolja, hogy a lavinapályák alatt nagyobb arányban vannak homorú felületek, pl. hógyűjtő medencék, mint domborúak felületek, hiszen ilyenek legfeljebb az indulási zóna tetején, egy vékony sávban fordulhatnak elő. A CTI vizsgálat jó módszernek tűnt a lavinapályák kijelölésére, a létrehozott térképen azonban semmi olyan jellegzetességet nem lehet első ránézésre megállapítani, amely a lavinapályákat megkülönböztetné a terület többi részétől. Tehát a lavinapályákat egyik vizsgálat sem jelölte ki pontosan, de a lejtőkategória, relief és görbület valamennyire megkülönböztették a lavinapályákat és az azokon kívüli területeket.

További lépésként a lavinapályának csak az indulási zónájára is el kellene végezni ilyen jellegű vizsgálatokat, illetve még több vizsgálatot lehetne alkalmazni. ERDAS-szal, MultiSpec-kel vagy más osztályozóprogrammal, a domborzatmodell vizsgálatának eredményeit layerekként használva le lehetne futtatni osztályozást a lavinapályákra.

### **Irodalomjegyzék**

BOCSÁK B. 1998. Lavina, második kiadás, Budapest: Tengerszem Kft

GARDNER, J. 1993, Mountain Hazards (Hegyvidéki Veszélyek) in *Canada's Cold Environments*, szerkesztők: French, H.M. és Slaymaker, O. 10 fejezet; McGill-Queen's University Press, Montreal/Kingston

GRUBER, U. 2000. Land use planning: Hazard maps reduce potential damages (Földhasználati tervek: a veszélyeztetettségi térképek csökkentik a lehetséges károkat), Swiss Federal Institute for Snow and Avalanche Research, Davos

KESZTHELYI E. 1987. Alacsony Tátra turistakalauz, második kiadás, Budapest

LÁSZAY GY., BALLA ZS. Officina Képes Világatlasz, Budapest, Officina Nova 1995

MCCLUNG, D., SCHAEERER, P. 1993. The Avalanche Handbook, (A lavina kézikönyv) ötödik kiadás, Seattle, Washington: The Mountaineers

SCALLY, F., SLAYMAKER, O. AND OWENS, I. 2001. Morphometric controls and basin response in the Cascade Mountains. *Geografiska annaler*, 83 A 2001.3

SERES A. 2002 The effects of terrain, snowpack and weather parameters on generation of avalanches, Low-Tatras, Slovakia (A domborzat, a hótakaró és az időjárás tényezőinek hatása a lavinák kialakulására, Alacsony-Tátra, Szlovákia ) diplomadolgozat, Miskolci Egyetem, Műszaki-Földtudományi Kar, Természetföldrajz-Környezettani Tanszék

SERES A. 2002 b. Lavina!!! a téli sportok kockázata, *Földgömb*, XX. Évfolyam, 2002/6. szám